

介绍一种简单可靠的膜片架

华中工学院激光科研组

随着激光技术的发展,对激光器件提出了愈来愈高的要求。在中小型功率固体激光器里,经常碰到谐振腔反射膜片的调整和稳定问题。

激光器谐振腔由全反射和部分反射两个膜片(介质膜片、金属膜片或玻璃片组等)组成。两膜片如果是平面镜,则应保持严格的平行(经验表明,中小型功率激光器,膜片平行度允差在 $10''$ 以内)。如果是球面镜,则其曲率半径应调整在弧秒之内。这种严格的位置要求,是通过各种各样的机械方法(膜片架)来保证的。

设计膜片架,应该符合多快好省的原则,即要求稳定可靠,调整方便,结构简单,制造方便。

近年来,我们在研制中小型固体激光器过程中,使用了几种不同结构的膜片架,发现存在各自不同的问题,最主要的是稳定性不好。由于受到机械振动、结构应力、温差、激光束的冲击等因素的影响,膜片位置经常发生微小变动,影响激光效率,有时甚至不能工作。例如在激光微型加工(打孔、焊接、划硅片等)时,如果光斑中心点发生漂移,则严重影响加工质量。因此,每次工作之前都得重新检查、调整谐振腔膜片的位置,给工作带来很多麻烦。

后来,我们参考有关资料,设计了一种“镜筒板弹簧式”膜片架,结构简单,制造方便;使用时,调整方便。经较长时间的考验,稳定性较好。现将几种结构的膜片架作一些比较,更可见镜筒板弹簧式膜片架的优点。

一、螺旋三顶三拉式

这是较古老的办法。图1中膜片托板3靠螺钉4(三个均布)和螺钉1(三个均布,与4的

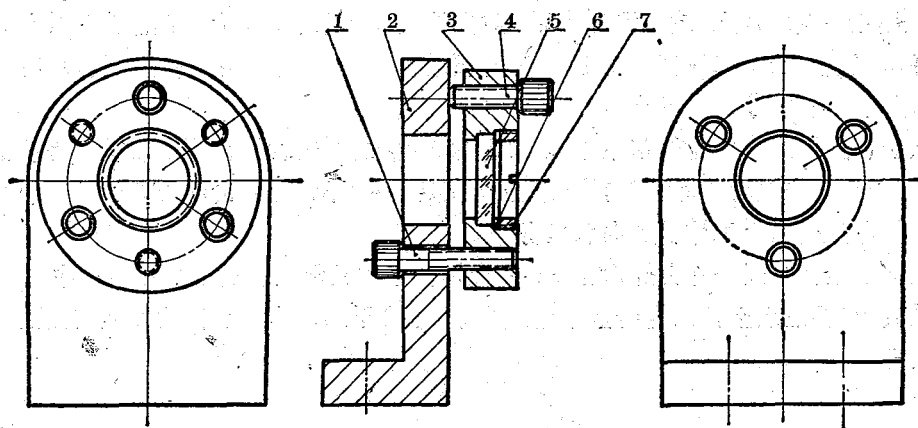


图1 螺旋三顶三拉式膜片架

1—调整螺钉; 2—支架; 3—膜片托板; 4—螺钉(顶); 5—膜片; 6—橡皮垫圈; 7—压圈

位置错开)分别“顶”和“拉”在支架2上,调整这六个螺钉,可以实现膜片角度的调整。

该结构简单,加工方便,但是有如下严重缺点:

1. 靠摩擦力确定膜片的位置,从原理上讲是不稳定的,使用效果也确实不稳定;

2. 实现膜片 α 、 y 两方向的角度调整,需要调整六个螺钉,因此极不方便;

3. 由于膜片托板3在调整中发生轴向移动,因而谐振腔长度不易保证恒定不变;

4. 膜片中心变动,如图2所示。

由于上述弱点,这种膜片架已很少采用了。

示意图2表示三顶三拉式膜片架的极端位置。可以看出,由于膜片3的偏转角度较大,引起谐振腔长和膜片中心位置的变化,而且螺钉1与支架2接触不好,位置不稳定。为此,此处最好要加球面垫圈。

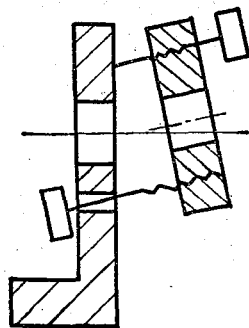


图2 调整膜片时引起谐振腔长和中心的变动

二、半球转动式膜片架

图3中,膜片3(图示为玻璃片组)通过压圈4固定在托板2上,托板2前端加工成半球形,可以在支架1的 90° 锥孔中转动。调节四个螺钉6,可以实现膜片的 α 、 y 方向的角度调整。

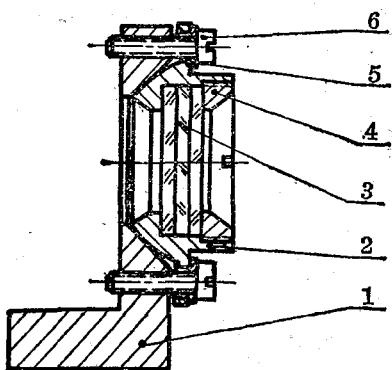


图3 半球转动式膜片架

1—支架; 2—托板; 3—玻璃片组;
4—压圈; 5—垫圈; 6—螺钉;

这种结构的膜片架在尺寸不大和加工精度高(特别是半球面—— 90° 锥孔的配合平滑可靠性)的情况下,稳定性比三顶三拉式大为改善,调整也较方便。

但因调整后装配应力较大,螺钉存在间隙,稳定性还不是很好,一、两天(有时更短)后又需重新检查调整;而且对应松紧两对螺钉,调整还不理想。如改成三螺钉均布,调整 α 、 y 方向互相干扰。最大的缺点是加工精度要求较高。

如果支架1的 90° 锥孔加工成凹球面,与托板2成面接触,稳定性要好一些。另外,垫圈5与托板也要加工成球面接触。

三、螺旋弹簧转动式

这是最常见的一种结构(图4)。镜筒1通过锥顶尖螺钉16固定在支架17上,调节螺钉5,通过弹簧13弹簧帽14,可以使镜筒绕锥顶尖16的轴线转动,从而实现膜片3的 y 方向(竖直)的角度调整。转盘6可绕转轴11转动,在底座上固定着同件5、12、13一样的调整机构15等,调节螺钉15,转盘转动,实现膜片3的 α 方向(水平)的角度调整(图4的俯视图中拆掉零件5)。因此只要转动两个螺钉5和15,就可调整膜片角度。这种膜片架外形美观,调节平滑方便。如果各配合处(如螺钉、转轴、弹簧帽,特别是锥顶尖螺钉的配合)精度较高,弹簧弹力选择得当,装配合理,这种膜片架的稳定性也还好。

但是事物都是一分为二的,这种结构比较复杂,零件较多,因此除加工困难外,结构本身存在的间隙较多,即造成不稳定的因素多。它不耐振动和冲击,特别是在野外运动和振动的场合,不太适用。

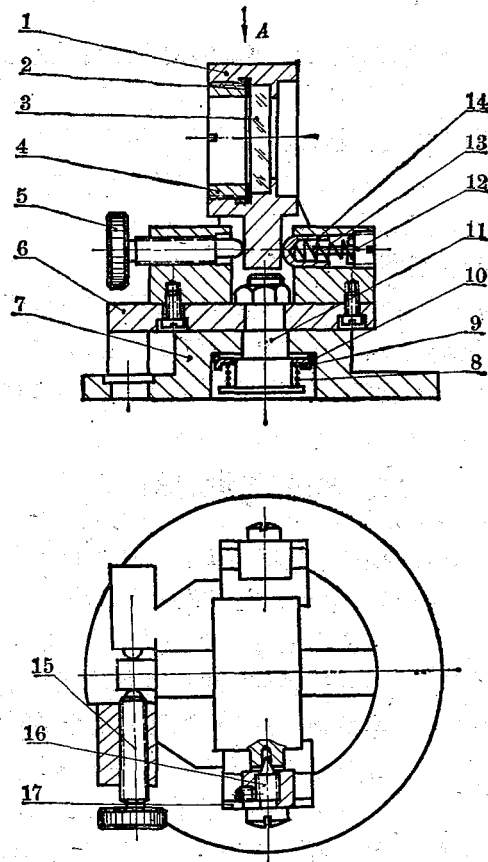


图4 螺旋弹簧转动式膜片架

1—镜筒; 2—垫圈; 3—膜片; 4—压圈; 5—螺钉; 6—转盘; 7—底座; 8—弹簧; 9—托盘; 10—钢珠;
11—转轴; 12—螺钉; 13—弹簧; 14—弹簧帽; 15—螺钉; 16—锥顶尖螺钉; 17—支架

四、镜筒板弹簧式

原来我们采用以上几种膜片架,总觉得稳定性不好,在我们焊接实验中,满足不了要求。后来我们参照有关资料,设计了如图5所示的膜片架,性能大为改善。

这种膜片架的关键零件是镜筒1,用弹性较好的材料(如磷青铜、弹簧钢),镜筒中央部分开了两对宽2~3毫米的槽,这两对槽开的方向互相垂直,从而把镜筒分成“板弹簧”的形式。旋紧或放松调整螺钉7,通过镜筒端部的两个“耳朵”K,使膜片绕A处作上下(y方向)转动,绕B处作前后(x方向)转动,从而完成角度的调节。

镜筒靠自身的弹性变形而实现膜片的角度调节,影响膜片位置变动的外界因素很少(没有相对转动部分),因此很稳定,耐冲击,能承受一定的机械振动。调整好,用较大的力敲击膜片架,膜片反射象位置不发生变动,如果温差不大,一周之内或更长时间内不调整,不影响激光

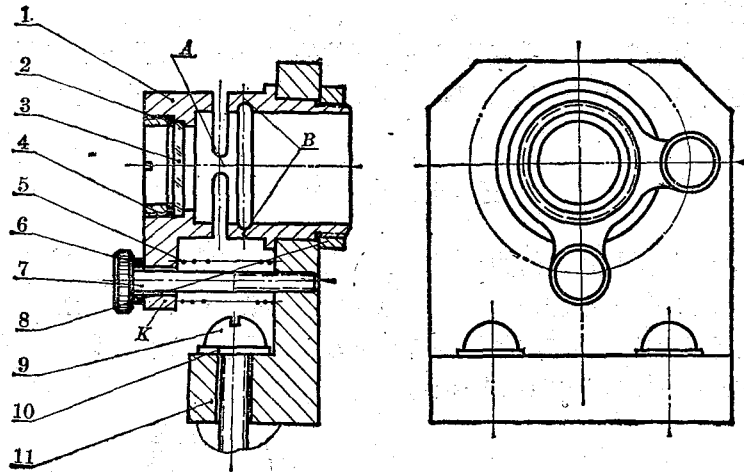


图5 镜筒板弹簧式膜片架

1—镜筒；2—垫圈；3—膜片；4—压圈；5—弹簧；6—橡皮垫圈；7—调整螺钉；
8—压紧螺帽；9—螺钉；10—垫圈；11—支架

效率。

该结构只用两个滚花螺钉就可实现角度调节。 ω 、 y 方向互不干扰，故调整方便。用普通比较测角仪调整一台激光器，一个人即可完成。

这种膜片架并不复杂，零件不多、加工方便，镜筒的零件如图6所示。两对槽子在加工条件差(无铣床)的地方，先划好线，用锯子锯开，稍加修饰一下就行。两个“耳朵” K 另外加工好焊上去，或在镜筒上保留一以 R 为半径的整个圆盘也行。

橡皮垫圈6、压缩弹簧5是为了帮助消除调整螺钉7的轴向间隙，以便耐冲击和抗振，而且增加镜筒板弹簧的弹性以防塑性变形。螺钉7采用M5×0.5，配合精度越高越好。垫圈2用橡皮或细毛毡制成，对于防震不可缺少。

经我们使用，觉得这种膜片架比前几种都要好，基本解决了谐振腔膜片位置的稳定问题。开始我们采用黄铜和45#钢(未淬火)做镜筒，两槽连接处(A、B)发生塑性变形，当松开螺钉时，膜片还达不到需要的位置，只要人为地将下槽L板动一下，使其变形，再行压缩调整螺钉，

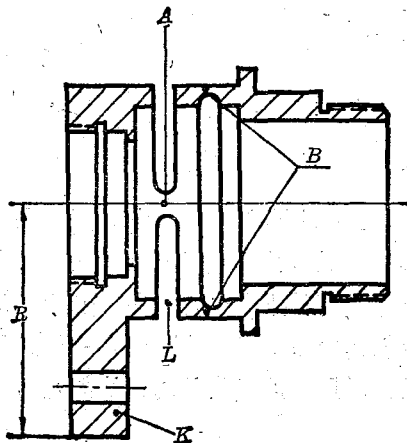


图6 镜筒

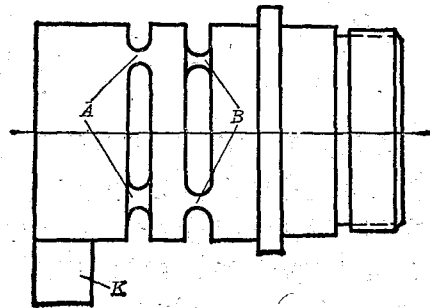


图7 镜筒外观视图

就可调到需要的角度。

图6为镜筒的剖面图,图7为镜筒另一方面的外观视图。由此可以清楚地看出两对弹簧槽的形状,明了这种微小角度调整的原理。

五、改进结构之一

图5所示机构螺钉对镜筒的施力为压,图8为一种改进的结构。螺钉8对镜筒耳朵施力改为顶。螺钉8的端部——钢珠,与镜筒4成点接触。螺钉对应面装一压缩弹簧2,增加镜筒弹性,减小A处塑性变形。支架与螺钉配合尺寸较长,减小了轴向间隙。镜筒装在法兰盘12内,槽未露在外面,对于防尘、美观都有好处。

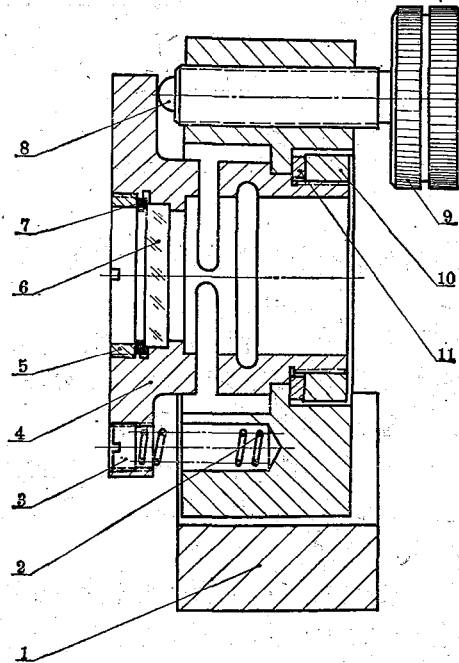


图8 改进结构之一

1—底座; 2—弹簧; 3—螺塞; 4—镜筒; 5—压圈; 6—膜片; 7—垫圈; 8—钢珠;
9—调整螺钉; 10—压紧螺帽; 11—垫圈

六、改进结构之二

这是我们为激光焊接机上设计的膜片架(图9),也是采用顶的方式。考虑到提高生产效率(可靠性、稳定性)和减少工人师傅劳动强度(减少调整次数),作了如下改进措施: 1. 镜筒2用50Mn钢,两槽连接处(A、B)淬火后硬度为RC40~50,增强弹性,防止塑性变形; 2. 改用尼龙螺母15与调整螺杆17配合,提高配合精度,减小轴向螺纹间隙,从而使膜片位置更加稳定; 3. 调整螺杆上附加螺旋测微鼓轮19,使调整方便,而且在拆换膜片时,从鼓轮刻度上可知道其大致角度范围。

该结构中,调整螺杆M6×0.5,轴向移动量0~2毫米,膜片角度调整范围0~3°48'。鼓轮

分成 50 格, 转动一格, 膜片反射象移动约 $66''$ 。如果想获得膜片角度调动更微小的量, 此处设计成差动螺旋机构更为理想, 不过制造就更麻烦。

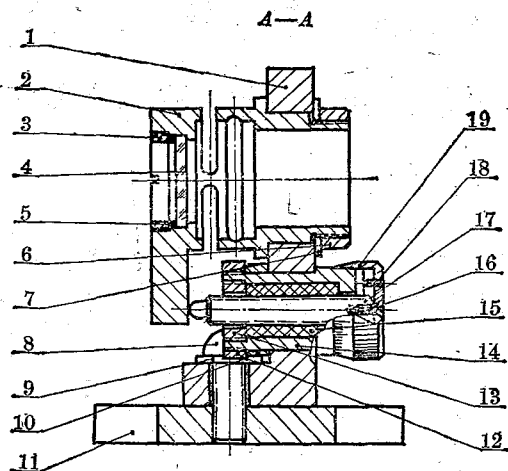


图 9 改进结构之二

1—支架; 2—镜筒; 3—压圈; 4—膜片; 5—垫圈; 6—螺帽; 7—垫圈; 8—螺钉;
9、10—垫圈; 11—底板; 12—螺帽; 13—压圈; 14—套筒; 15—尼龙螺母; 16—螺
钉; 17—调整螺杆; 18—销; 19—读数鼓轮

七、改进结构之三

如果将镜筒弹簧槽倾斜一角度, 如图 10 (右) 所示, 使连接处(A、B)处在同一平面 $O-O'$ 上, 从而使膜片也在平面 $O-O'$ 上, 如图 10(左)所示, 在这种结构中, 不管如何调整膜片角度, 膜片中心始终在谐振腔轴线上, 这对于谐振腔的稳定很有好处, 而且对调整灵敏度和精确度更有提高。

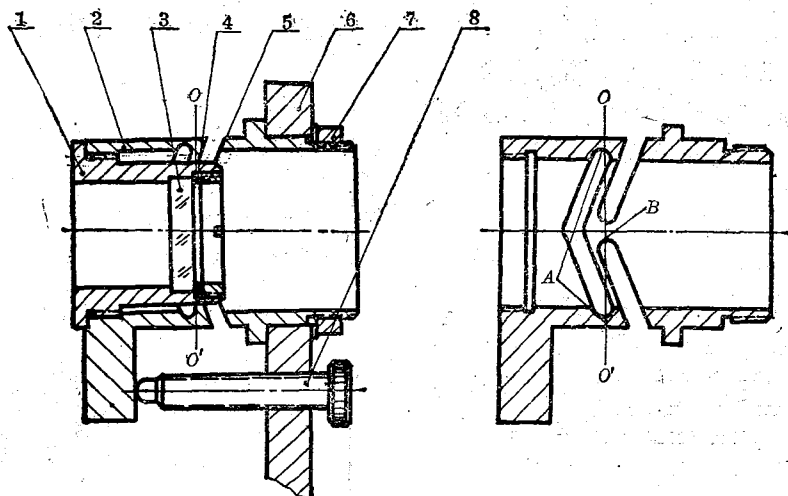


图 10 改进结构之三

1—膜片镜筒; 2—弹簧筒; 3—膜片; 4—垫圈; 5—压圈; 6—支架; 7—螺帽; 8—调整螺杆